# Тема 4. ОСНОВЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

## Структурная схема линейной многоканальной системы связи

Многоканальной системой передачи (в дальнейшем просто системой передачи) называется совокупность технических средств, обеспечивающих одновременную и независимую передачу однотипных или разнотипных сообщений от N источников к N получателям по одной линии связи (физической среде распространения сигналов электросвязи).

Первичные сигналы $C_i(t)$, время существования и спектры частот которых могут частично или полностью перекрываться, поступают в передающую часть системы передачи, где с помощью устройств $M_i$ преобразуются в канальные сигналы $S_i(t)$.

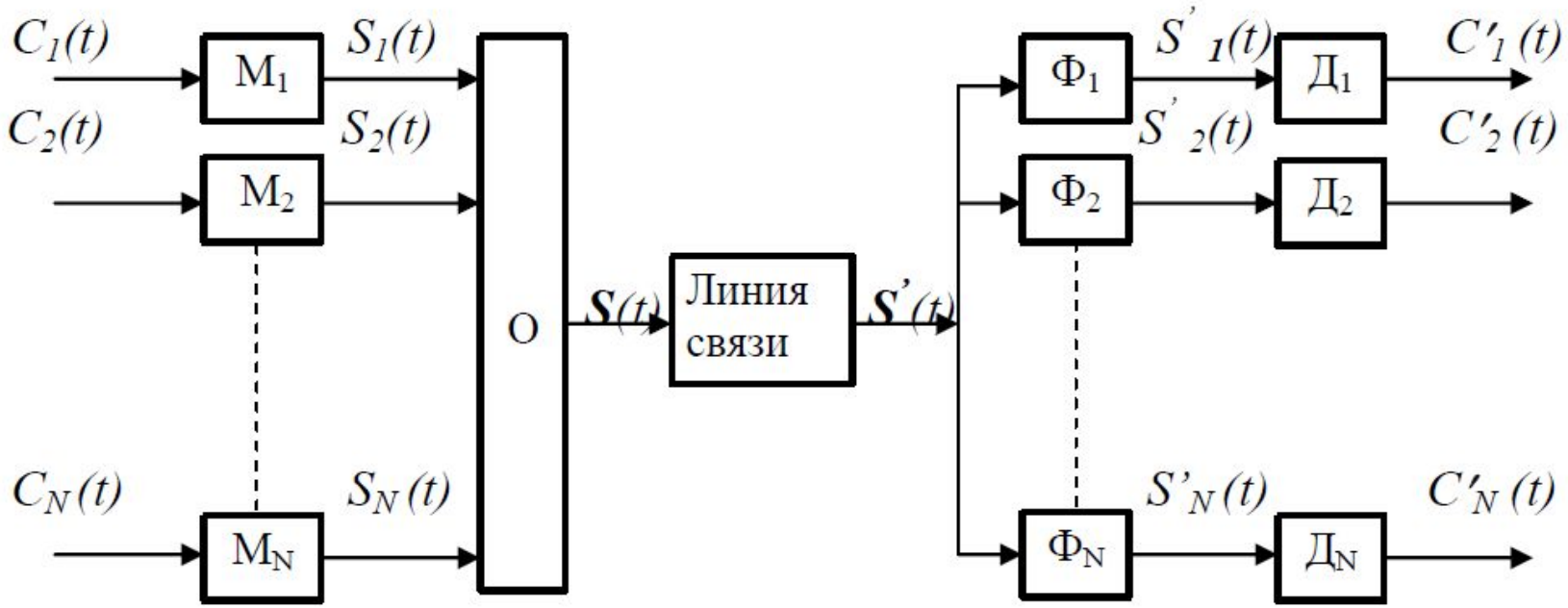



Рисунок 4.1 Обобщенная структурная схема N – канальной системы передачи (СП)

Процесс преобразования первичного сигнала в канальный решает две задачи: во-первых, каждый канальный сигнал $S_i(t)$ наделяется совокупностью физических признаков, отличающих его от остальных канальных сигналов; эти признаки или параметры называются разделительными; во-вторых, необходимо сформировать канальные сигналы так, чтобы в них содержались передаваемые сообщения, т.е. сведения о форме первичных сигналов, поступающих на входы каналов.

Многоканальный или групповой сигнал S(t) получается объединением канальных сигналов в устройстве объединения О. В частности групповой сигнал можно получить суммированием канальных сигналов, т.е.

$$S(t) = \sum_{i=1}^{N} s_i(t)$$

Системы передачи, где групповой сигнал представляет сумму канальных сигналов, называются *аддитивными.*

Системы передачи, в которых при формировании группового сигнала применяются другие операции, носят название *комбинационных. Современные многоканальные телекоммуникационные системы в основном являются аддитивными.*

Прохождение группового сигнала по линии связи (среде распространения) сопровождается помехами и искажениями, следовательно, на входе приемной части системы передачи будем иметь сигнал S(t).

Разделение группового сигнала на отдельные канальные сигналы осуществляется разделяющими устройствами Фi (фильтрующими устройствами) на основе тех разделительных признаков, которыми первичные сигналы были наделены на передаче. На выходе устройств Фi получаем канальный сигнал S’i(t), отличающегося от канального сигнала Si(t) наличием помех и искажений, обусловленных прохождением канального сигнала по элементам оборудования систем передачи и среды распространения (линии связи).

Разделяющие устройства Фi могут быть линейными и нелинейными.

Система передачи называется **линейной**, или системой передачи с линейным разделением сигналов, если развязывающие устройства являются линейными четырехполюсниками с постоянными или переменными параметрами.

Если разделяющие устройства представляют нелинейные четырехполюсники, то такие системы передачи называются **нелинейными**.

В основном применяются системы передачи с линейным разделением каналов (сигналов).

После разделения канальные сигналы поступают на устройства Дi, где осуществляется преобразование канальных сигналов *S'i(t) в первичные сигналы C'i(t), отличающиеся от первичных сигналов на передачи наличием помех и искажений, вносимых элементами оборудования систем передачи и линий связи (среды распространения).*

При разработке и исследовании многоканальных систем передачи обычно известны свойства первичных сигналов, число каналов и характеристики линий связи-среды распространения и помех.

Теория построения многоканальных телекоммуникационных систем должна указать класс канальных сигналов, обеспечивающих принципиальную возможность их разделения, и определить требования к устройствам формирования канальных сигналов и их разделения, обеспечивающих минимальное различие между первичными сигналами на передачи C(t) и приеме C’ (t).

Должны быть также указаны пути технической реализации устройств формирования канальных сигналов M, их объединения O и разделения.

В многоканальных системах передачи, кроме внешних помех, возникают специфические помехи, обусловленные неидеальностью функционирования устройств разделения канальных сигналов. Эти помехи проявляются как взаимные переходные влияния между каналами.

Системы передачи должны обеспечивать не только высокое качество передачи сигналов, но и ее необходимую надежность. При этом дальность связи может достигать многих тысяч километров. Важной задачей техники многоканальных систем передачи является также достижение высокой экономической эффективности, которая оценивается стоимостью строительства и эксплуатации 1 км канала передачи. В связи с этим может быть поставлена задача построения многоканальных систем передачи, минимизирующих эти показатели.

Следовательно, основные задачи техники многоканальных систем передачи сводятся к созданию систем, обеспечивающих заданное число каналов, требуемые качество передачи, надежность, эффективность и дальность связи.

Современные многоканальные системы передачи состоят из следующих основных частей: каналообразующего оборудования (КОО), оборудования сопряжения (ОС), Оборудования линейного тракта (ОЛТ), унифицированного генераторного оборудования (УГО) и сервисного оборудования (СО).

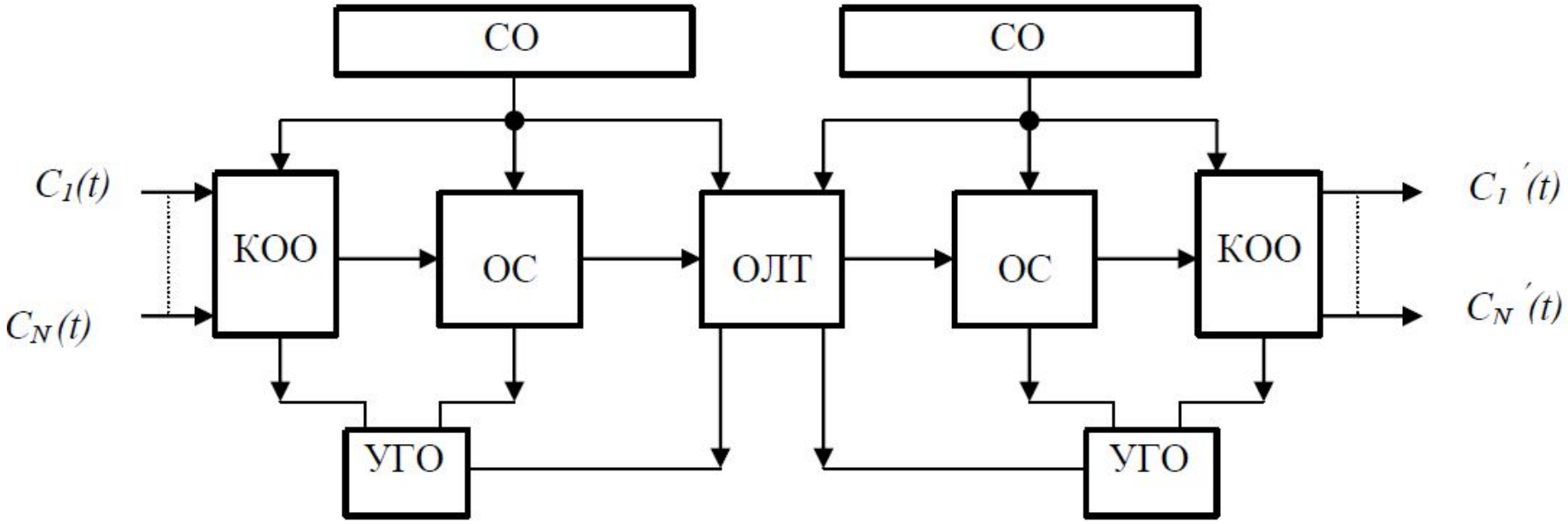



Рисунок 4.2. Многоканальные системы передачи

Каналообразующее оборудование для конкретного типа систем передачи является унифицированным и предназначено для создания типовых каналов с характеристиками, соответствующими определенным нормам.

Оборудование линейного тракта является частью системы передачи, в которой сигналы всех каналов объединены в групповой-многоканальный сигнал, параметры которого согласованы с параметрами передачи среды распространения, и называется такой сигнала линейным. Оборудование линейного тракта включает в себя устройства, устанавливаемые на оконечных станциях, линию связи и оборудование промежуточных станций (усилительные или регенерационные пункты).

Оборудование сопряжения является специфическим для каждой системы передачи, оно обеспечивает согласование каналообразующего оборудования с оборудованием линейного тракта.

В состав системы передачи входит также унифицированное генераторное оборудование, вырабатывающие электрические сигналы, необходимые для формирования канальных сигналов, и вспомогательные сигналы, обеспечивающие качественное функционирование всего оборудования систем передачи.

Сервисное оборудование обеспечивает автоматизацию процессов технического обслуживания каналов и трактов систем передачи.

Самой дорогостоящей частью многоканальной системы передачи является каналообразующее оборудование, реализующее различные методы разделения канальных сигналов.

## Методы разделения канальных сигналов

**Методы** формирования канальных сигналов и их разделения можно разделить на **простейшие**, когда первичные сигналы передаются без каких – либо преобразований в исходном диапазоне частот, и **методы, основанные на дополнительном преобразовании** первичных сигналов в канальные с наделением их определенными отличительными признаками.

# Простейшие методы разделения канальных сигналов

Наиболее простым методом разделения канальных сигналов является метод уравновешенного моста.

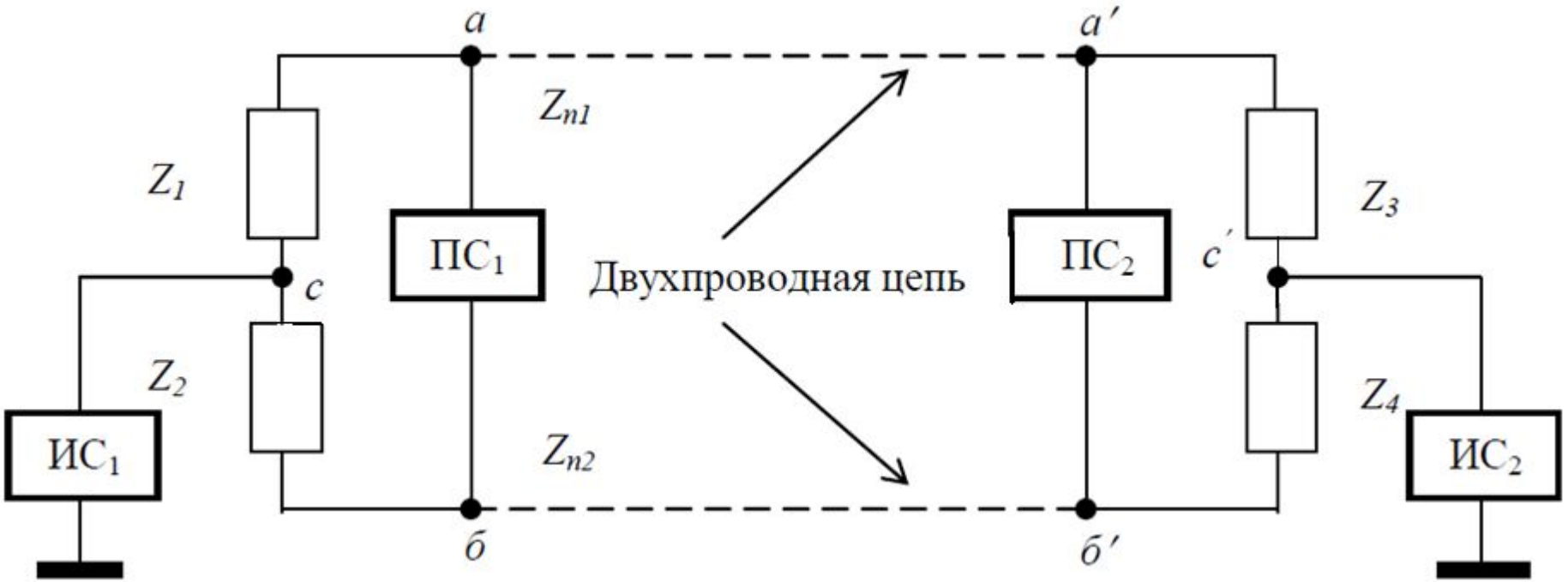



Рисунок 4.3. Уравновешенный мост

Если сопротивления проводов физической цепи $Z_{п1} = Z_{п2} = Z_п$, то при $Z_1=Z_2=Z_3=Z_4=Z_0$ , то схема образует уравновешенный мост с сопротивлениями плеч $Z_0$ и $Z_0+Z_п$. В такой схеме разность потенциалов, создаваемая источником сигнала ИС1 между точками а, б и а’, б’ равна нулю и, следовательно, сигнал С1(t) от источника ИС1 не воздействует на приемник сигнала ПС2; сигнал С2(t) от источника ИС2 не воздействует на приемник сигнала ПС1, так как разность потенциалов, создаваемая источником сигнала ИС2 между точками с и с’ , равна нулю.

Таким образом, при идеальной уравновешенности моста двухпроводную физическую цепь (линию связи) можно использовать для организации двух независимых каналов, обеспечивающих передачу сообщений от источника ИС1 к приемнику ПС1 и от источника ИС2 к приемнику ПС2. Цепь в данном примере является трехпроводной: роль третьего провода выполняет «земля».

Разумеется, если $Z_{п1} \neq Z_{п2}$ , то равновесия моста можно добиться соответствующим подбором сопротивлений $Z_1 \ldots Z_4$. Однако на практике не удается достичь идеального уравновешивания моста и поэтому между каналами возникают взаимные помехи.

Дополнительные цепи, образованные методом уравновешенного моста, называются **искусственными** или **фантомными**. Искусственные цепи используются для передачи токов дистанционного питания, совместного телеграфирования и телефонирования, передачи дополнительных телефонных разговоров (в частности, для служебной связи).

Наибольшее применение нашли искусственные цепи на основе дифференциальных трансформаторов, известные как схемы Пикара. При наличии двух двухпроводных цепей с помощью дифференциальных трансформаторов ($ДТ_1$… $ДТ_3$) может быть организована искусственная или фантомная телефонная цепь (рисунок 4.4).

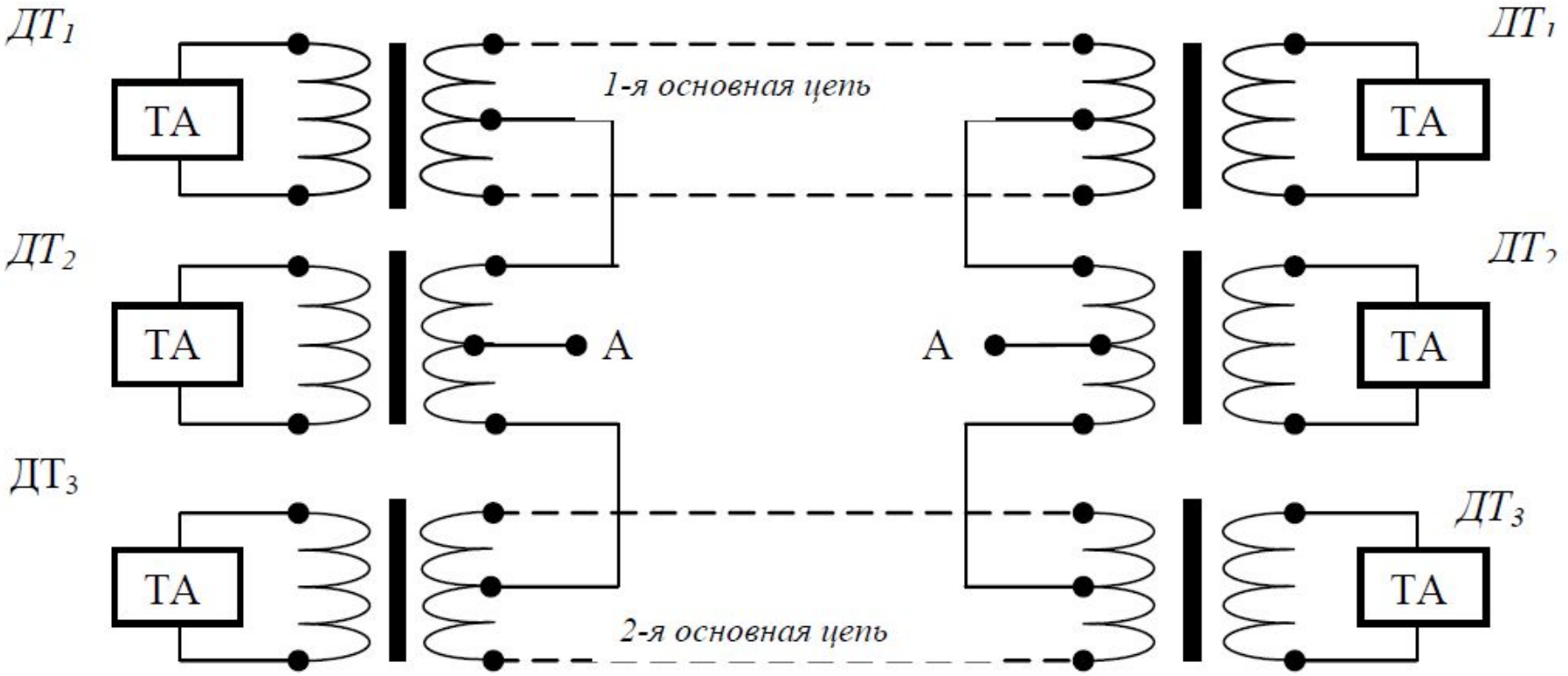



Рисунок 4.4. Фантомная телефонная цепь на основе дифференциальных трансформаторов.

Двухпроводные цепи, используемые для устройства искусственной цепи, в этом случае называются **основными цепями**. В точках А-А дифференциальных трансформаторов искусственной цепи могут быть включены телеграфные аппараты, т.е. на искусственную телефонную цепь может наложена цепь передачи телеграфных сигналов.

Разделение сигналов по методу уравновешенного моста имеет существенный недостаток: при помощи этого метода удается получить не более двух-трех дополнительных связей на одной физической цепи. Искусственные цепи применяют как вспомогательные, совместно с более совершенными методами разделения канальных сигналов.

# Принципы линейного разделения сигналов

Первичные сигналы $c_i(t)$, поступающие на входы каналов системы передачи, могут одновременно существовать в одинаковых или перекрывающихся спектрах частот. В устройствах $M_i$ осуществляется формирование отличающихся друг от друга канальных сигналов $s_i(t)$. Преобразование первичного сигнала $c_i(t)$ в канальный сигнал $s_i(t)$ можно, в общем виде, описать выражением

$$s_i(t) = M_i[c_i(t)]$$

где $M_i$ – оператор, осуществляющий преобразование $i$-го первичного сигнала в $i$-тый канальный сигнал. Как правило, преобразование $M_i$ осуществляется путем модуляции сигналом $c_i(t)$ некоторого сигнала $\psi_i(t)$, называемого **переносчиком**.

Как известно, процесс модуляции можно представить как умножение модулирующего сигнала $c_i(t)$ на переносчик $\psi_i(t)$. Если принять, что сигнал $c_i(t)$ представляет собой медленно меняющуюся функцию времени $c_i$, остающейся постоянной на периоде переносчика $\psi_i(t)$, то процесс формирования i –го можно записать в виде

$$s_i(t) = c_i \psi_i(t)$$

Рассмотрим аддитивную линейную N–канальную систему передачи, в которой групповой сигнал S(t) получается суммированием канальных сигналов $s_k(t)$, т.е.

$$S(t) = \sum_{1}^{N} c_k \psi_k(t) = c_1\psi_1(t) + c_2\psi_2(t) \ldots + c_N\psi_N(t)$$

Разделяющие устройства $\Phi_i$ представляют линейные четырехполюсники, действие которых описывается линейным оператором $\Phi_i$. Операцию разделения и преобразования сигналов на приеме можно описать выражением

$$\Phi_i\left[S(t)\right] = \Phi_i\left[s_k(t)\right] = \Phi_i\left[\sum_1^N c_k\psi_k(t)\right] = c_i\psi_i(t) = s_i(t)$$

В аддитивных линейных многоканальных системах передачи оператор разделения $\Phi_i$ является линейным и поэтому

$$\Phi_i\left[S(t)\right] = \sum_1^N \Phi_i\left[c_k\psi_k(t)\right] = \sum_1^N \Phi_i\left[s_i(t)\right]$$

Условие разделения сигналов с учетом вышеприведенных выражений можно записать следующим образом:

$$\Phi_i\left[S(t)\right]=\sum_1^N \Phi_i\left[c_k\psi_k(t)\right]=\sum_1^N \Phi_i\left[s_i(t)\right]=\begin{cases} s_i(t), i=k, \\ 0, i\neq k. \end{cases}$$

Выражение показывает, что с помощью линейного оператора $\Phi_i$ i-го канала из группового сигнала выделяется только i-ый канальный сигнал $s_i(t)$ и что на выходе i-го канала сигналов, передающихся по другим каналам не будет. Затем с помощью устройства $Д_i$ i-ый канальный сигнал преобразуется в i-ый первичный сигнал $c_i(t)$.

Чтобы канальные сигналы удовлетворяли условию разделения, они должны быть линейно независимыми. Канальные сигналы, как функции времени, $s_1(t)=c_1\psi_1(t)$, $s_2(t)=c_2\psi_2(t)\ldots s_N(t)=c_N(t)$ будут линейно независимыми, если нельзя подобрать такие числовые коэффициенты $c_1$, $c_2,\ldots c_N$, не равные нулю, для которых

$$c_1\psi_1(t) + c_2\,\psi_2(t) + \ldots + c_N\,\psi_N(t) \equiv 0$$

Действительно, коэффициенты $c_1$, $c_2$, . . . $c_N$ характеризуют амплитуду первичных сигналов которую, как допускалось выше, можно считать постоянной на периоде переносчика $\psi_i(t)$. Если канальные $c_i\psi_i(t)$ сигналы линейно зависимы, то при некоторых значения коэффициентов $c_i$ можно получить $S(t)= c_1\psi_1(t) + c_2\psi_2(t) + \ldots + c_N\psi_N = 0$. При этом $\Phi_i[S(t)] = \Phi_i\,[0] = 0$, т.е. условия разделения не выполняется. Тождество возможно лишь при $c_1=c_2=\ldots c_N=0$.

Следовательно, для получения линейно независимых канальных сигналов необходимо использовать линейно независимые переносчики $\psi_i(t)$, так как канальные сигналы представляют собой модулированные переносчики.

Можно показать, что к линейно независимым относятся, например, следующие последовательности функций:

$$A_0 t^{\alpha_0}, A_1 t^{\alpha_1}, A_2 t^{\alpha_2}, \ldots, A_N t^{\alpha_N}$$

или

$$A_0 e^{\alpha_0 t}, A_1 e^{\alpha_1 t}, \ldots, A_N e^{\alpha_N t}$$

если $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_N$ – вещественные числа.

Для функций вида

$$\psi_1(t) = 1;\ \psi_2(t) = \cos^2 \omega t;\ \psi_3(t) = \sin^2 \omega t$$

имеем

$$\psi_1(t) + \psi_2(t) + \psi_3(t) = -1 + \cos^2 \omega t + \sin^2 \omega t = 0$$

что означает их линейную зависимость. Линейное разделение функций такого вида невозможно, и их, следовательно, нельзя использовать в качестве переносчиков для формирования канальных сигналов.

В общем случае критерий линейной независимости функций $\psi_1(t) \ldots \psi_N(t)$ определенных на интервале $0 \le t \le T$ дается теоремой Грама, которая формулируется следующим образом:

Для того чтобы функции $\psi_1(t) \ . \ . \ . \psi_N(t)$ были линейно независимыми, необходимо и достаточно, чтобы был отличен от нуля определитель матрицы $||a_{ij}||$, элементы которой определены соотношением

$$a_{ij} = \int_0^T \psi_i(t)\psi_j(t)dt$$

Таким образом, условие линейной независимости функций $\psi_i(t)$ можно записать в следующей форме:

$$G[\psi_1(t), \psi_2(t), ..., \psi_N(t)] = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ . & . & . & . \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{vmatrix} \neq 0$$

где G [ ] называется **определителем Грамма**.

Из множества функций, выделяется класс ортогональных функций. Функции $\psi_i(t)$ (i=0,1,2,...,N) называются *ортогональными* с весом p(t) на интервале 0.. T, если они удовлетворяют следующим условиям:

$$\frac{1}{T}\int_0^T p(t)\psi_i(t)\psi_j(t)dt = \begin{cases} 0, i = j, \\ k^2, i \neq j, \end{cases}$$

где p(t) – некоторая фиксированная неотрицательная функция, не зависящая от индексов i и j и для большинства ортогональных функций равна; $k_j^2$ – постоянная величина, пропорциональная среднеквадратичному значению или средней мощности j-го сигнала. Для некоторого класса ортогональных функций весовая функция p(t)=1.

Известно много классов функций, удовлетворяющих условию ортогональности. К ортогональным функциям времени относятся периодические последовательности импульсов, не перекрывающиеся во времени. На основе таких переносчиков строятся многоканальные системы передачи с временным разделением каналов (СП с ВРК), основанные на различных видах импульсной модуляции.

К классу ортогональных сигналов относятся и канальные сигналы с неперекрывающимися частотными спектрами. В таких системах передачи канальные сигналы являются ортогональными в частотной области, т.е. они удовлетворяют соотношению

$$\int_{\omega_н}^{\omega_в} S_i(\omega) S_k(\omega) d\omega = \begin{cases} 1 & при \quad i = k, \\ 0 & при \quad i \neq k. \end{cases}$$

На основе таких канальных сигналов строятся системы передачи *с частотным разделением каналов (СП с ЧРК).*

Из всего сказанного следует, что обобщенную структурную схему линейной аддитивной многоканальной системы передачи можно представить в виде рисунка 4.5.

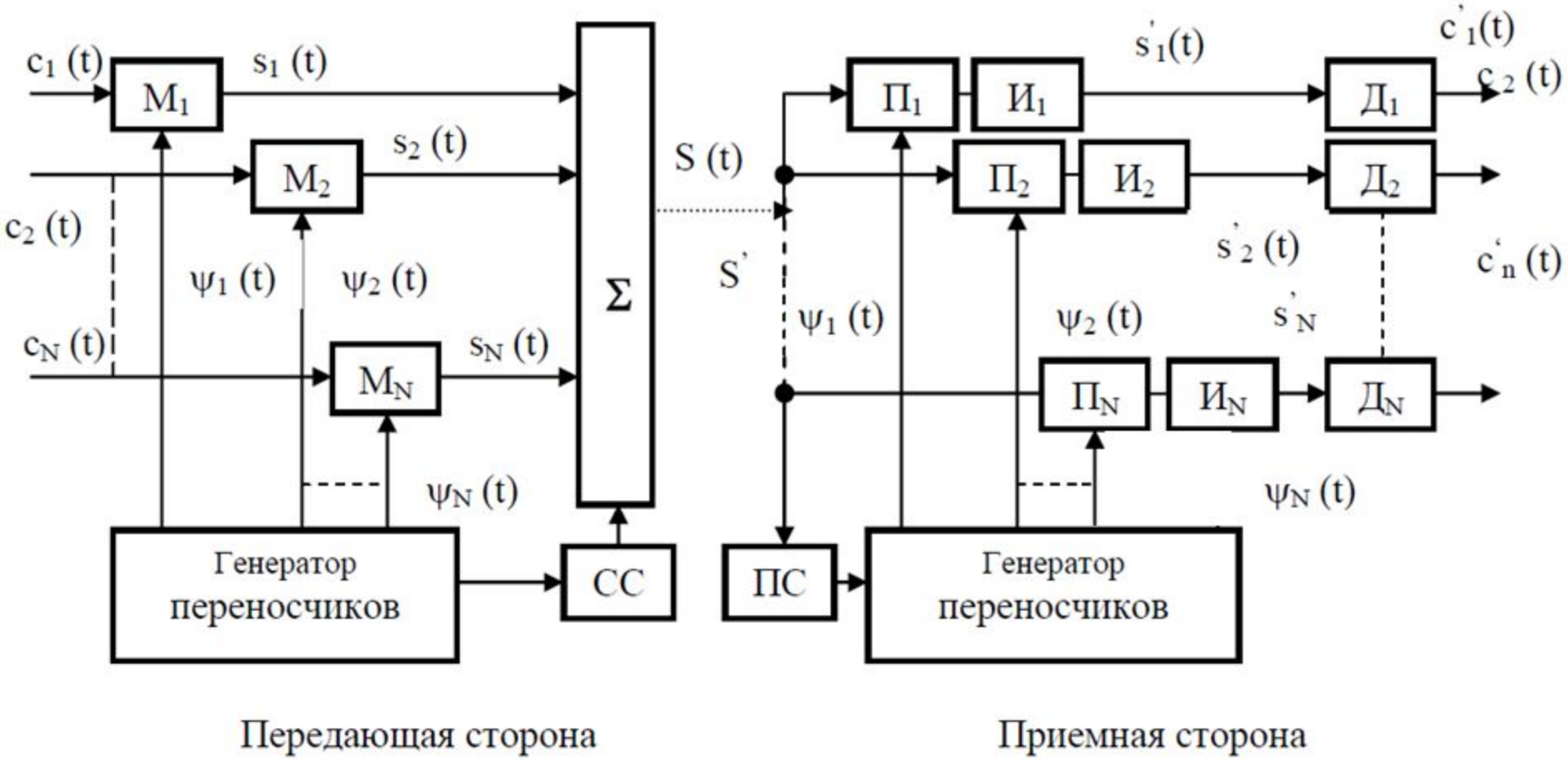



Рисунок 4.5. Обобщенную структурную схему линейной аддитивной многоканальной системы передачи

На передающей стороне первичные сигналы $c_1(t)$, $c_2(t)$. . . $c_N(t)$ поступают на вход устройств $М_1$, $М_2$. . . $М_N$ , на другой вход которых от генераторов переносчиков поступают линейно независимые или ортогональные переносчики $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$,. .., $\psi_N(t)$, переносящие первичные сигналы в канальные сигналы $s_1(t)$, $s_2(t)$,...,$s_N(t)$. Затем канальные сигналы суммируются и формируется групповой многоканальный сигнал S(t) .

На приемной стороне групповой сигнал, изменившийся под воздействием различного вида помех и искажений, S’(t) поступает на перемножители $П_1$, $П_2$, . . . , $П_N$ , на другой вход которых от генераторов переносчиков поступают переносчики $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$ , . . . , $\psi_N(t)$.

Результаты перемножения поступают на интеграторы $И_1$, $И_2$,…,$И_N$, на выходе которых получаются канальные сигналы, изменившиеся под воздействием различного вида помех и искажений, $s'_1(t)$, $s'_2(t)$, . . . , $s'_N(t)$.

Далее канальные сигналы поступают на устройства $Д_1$, $Д_2$,. ..,$Д_N$, преобразующие канальные сигналы в первичные, претерпевшие изменения под воздействием помех и искажений, $c'_1(t)$, $c'_2(t)$,..., $c'_N(t)$.

Функционирование системы передачи возможно при синхронном, а иногда и синфазном воздействии переносчиков на устройства преобразования М на передаче и умножения П на приеме. Для этого на приемной стороне в групповой сигнал вводится синхросигнал (СС), а на приемной стороне он выделяется из группового сигнала приемником синхросигнала (ПС).

Кроме уже указанных систем линейно независимых и ортогональных переносчиков, находят применение переносчики на основе функций Якоби, Лежандра, Лаггера, Уолша и множества других. В этих системах канальные сигналы могут совпадать по времени и иметь перекрывающиеся спектры, поэтому такие системы могут быть названы **системами с разделением сигналов по форме**.

В настоящее время наибольшее распространение получили аналоговые системы передачи с частотным разделением каналов и цифровые системы передачи с временным разделением каналов.

**Нелинейное и комбинационное разделение каналов**.

настоящее время нелинейные методы разделения каналов для построения многоканальных систем передачи применяются крайне редко и общая теория нелинейного разделения не разработана пока. Однако применение некоторых методов нелинейного разделения сигналов позволяет существенно повысить эффективность использования физических цепей. Рассмотрим разработанные к настоящему времени два метода нелинейного разделения каналов.

**Разделение по уровню.** Разделением по уровню называется случай, когда сигналы различных каналов имеют одинаковую форму, передаются одновременно и различаются только величиной. Такие сигналы линейно зависимы и линейными методами их не разделить.

Пусть, например, имеются прямоугольные амплитудно-модулированные импульсы. Если амплитуды импульсов могут принимать в каждом канале любое из значений $A_i=i\delta$, то разделение невозможно. В самом деле, если принимается, скажем, значение $A_i=3\delta$, то неизвестно, передается ли импульс амплитудой $3\delta$ по одному каналу или импульс с амплитудой $\delta$ по одному и $2\delta$ по другому каналу. К тому же, неизвестны и не могут быть установлены номера каналов, которым принадлежат составляющие принятого сигнала.

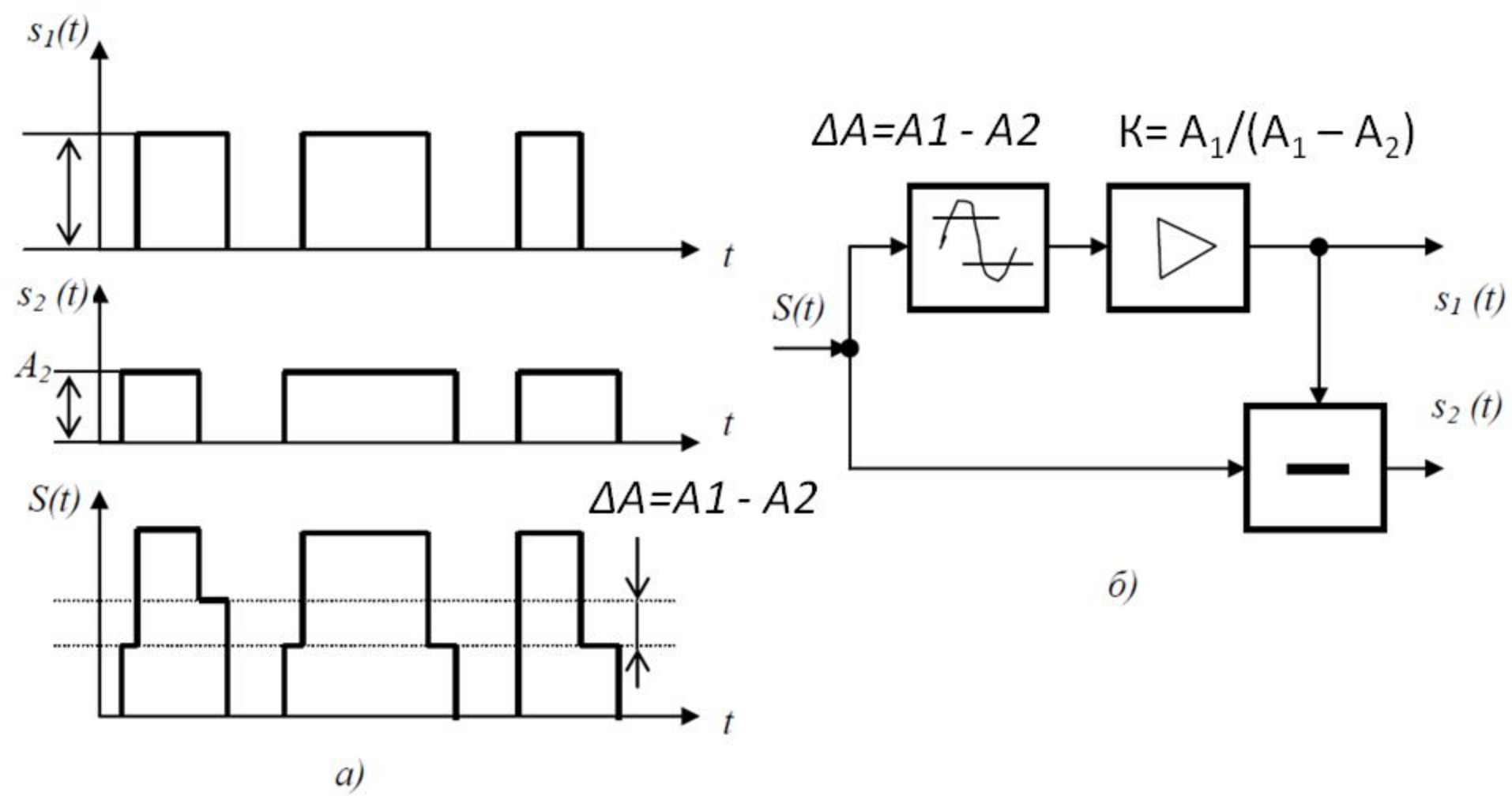



Рисунок 4.6. Разделение по уровню: *а – временные диаграммы; б – функциональная схема разделения*

Рассмотрим в качестве примера разделение двух каналов, сигнал каждого из которых представляет собой случайную последовательность импульсов, имеющих амплитуду $A_1$ *в первом канале и* $A_2$ *во втором. Сигналы обоих каналов могут быть принципиально всегда разделены при условии* $A_1 \neq A_2$. *Рассмотрим возможный процесс разделения, рис. а.*

В простейшем случае первый сигнал выделяется с помощью порогового устройства путем ограничения смеси двух сигналов снизу на уровне $A_2$ *и сверху на уровне* $A_1$, *т.е. путем вырезания из смеси полосы высотой* $\Delta A = A1 - A2$ , *рис. б.*

В результате такого ограничения выделяется канальный сигнал $s_1(t)$ , но уменьшенный в $(A_1 – A_2)$ раз. Этот сигнал усиливается до номинального значения усилителем с коэффициентом усиления К= $A_1/(A_1 – A_2)$ (рис. б) и поступает на выход первого канала. Сигнал $s_2(t)$ второго канала получается путем вычитания сигнала первого канала $s_1(t)$ из группового сигнала S(t), рис. б.

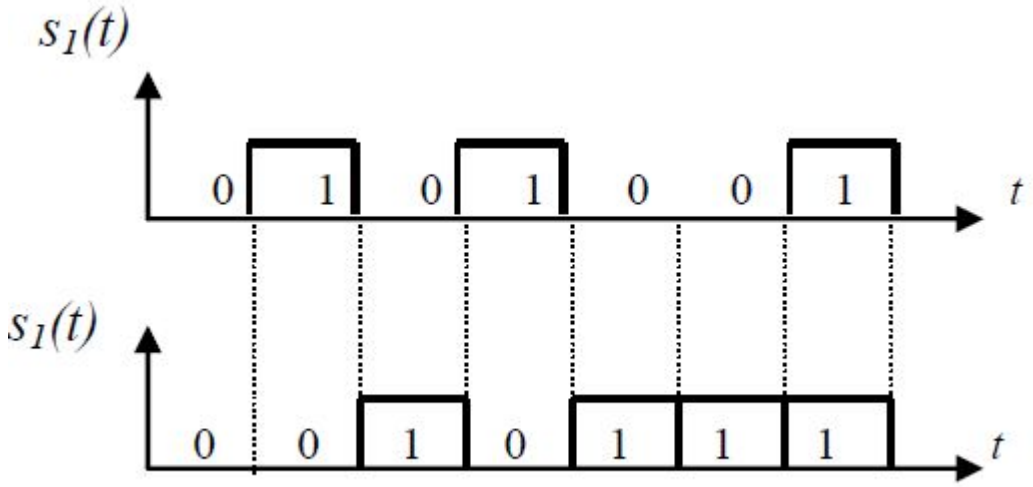
Разделение по уровню возможно и в том случае, когда число каналов больше двух, при условии, что высоты канальных импульсов убывают, т.е $A_1>A_2>A_3, \ldots >A_N$ и что

$$A_{k-1} > \sum_{i=k}^{N} A_i$$

где N – число каналов

Разделение сигналов по уровню применяется в некоторых системах передачи цифровой информации в сочетании с другими методами разделения и позволяет существенно повысить их информационную эффективность.

**Комбинационное разделение.** Возможен метод разделения каналов, переводящий задачу построения многоканальных систем передачи в несколько иную плоскость. Рассмотрим передачу двоичных импульсных последовательностей импульсов по двум каналам, полагая, что амплитуды импульсов в обоих каналах одинаковы. Оба канала работают двоичным кодом с элементами 0 и 1.




Возможные комбинации сигналов в обоих каналах в линии приведены в таблице

Возможные комбинации сигналов в обоих каналах в линии

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Канал 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Канал 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| № комбинации | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Сумма сигналов | 0 | 1 | 1 | 2 |

Сигналы обоих каналов будут смешаны, следовательно, разделить их будет невозможно, так как суммарный сигнал, равный единице, означает наличие импульса в одном канале и отсутствие в другом, но неизвестно, в каком именно. Но возможно вместо суммарного сигнала передавать номер комбинации, так как этот номер однозначно определяет сигналы каждого из каналов в отдельности. Таким образом, дело сводится к передаче четырех чисел, которые могут быть переданы любым способом, т.е. закодированы любым кодом и переданы посредством любого вида модуляции.

Построение многоканальной системы передачи сводится теперь к созданию некоторого устройства, на N входов которого поступают канальные сигналы и которое вырабатывает результирующий или линейный сигнал в форме кодовой комбинации, отображающей совокупность мгновенных значений канальных сигналов в данный момент.

Число таких комбинаций равно, очевидно, $M=m^N$, где N - число каналов, а m – основание кода в канале до преобразования или число возможных состояний канального сигнала.

Например, при импульсной пятиканальной системе и при применении в каждом канале кода с основанием десять, необходимо передавать в каждый тактовый интервал пятизначное десятичное число.

Число 20739 означает, например, что по первому каналу передается сигнал 2, по второму – 0 , по третьему – 7 и так далее. Это число может быть закодировано как угодно, совершенно независимо от того, каков код канала.

Таким образом, линейный сигнал не есть просто сумма или смесь канальных сигналов; линейный сигнал представляет собой отображение определенной комбинации канальных сигналов. Выбор способа отображения комбинаций может быть различным.

Например, в качестве линейных сигналов для двухканальной системы передачи можно применить синусоидальные колебания, начальная фаза которых, в зависимости от комбинации канальных импульсов, принимает одно из четырех возможных значений. Возможно также использование четырех колебаний с частотами $f_1$, $f_2$, $f_3$ и $f_4$ .

Для передачи N двоичных сигналов необходимое число различных сигналов в линии, соответствующее различным параметрам переносчика (частоты, фазы и др.), равно $2^N$ .

Однако в линию в любой момент (такт) времени передается только один сигнал, т.е. необходимая мощность сигнала в линии уменьшается, что является достоинством этой системы.

Комбинационная система выгодна при небольшом числе каналов, так как увеличение числа каналов (кратности системы) резко увеличивает необходимое количество передаваемых сигналов, что приводит к усложнению системы.

Приемник такой системы каждому из M вариантов линейного сигнала должен сопоставлять определенную комбинацию канальных сигналов, посылаемых N получателям сообщений.

По использованию различных методов разделения каналов комбинированные системы делятся:

-комбинированные системы с применением частотного разделения,

-комбинированные системы с использованием временного разделения,

-комбинированные системы с использованием частотного и временного разделений.

Наибольшее распространение получили системы, в которых сочетаются методы линейного разделения ортогональных сигналов в виде отрезков синусоидальных колебаний и комбинационно-фазовой модуляции каждого из этих колебаний.